



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-315295

(43)Date of publication of application : 06.11.2003

(51)Int.Cl.

G01N 27/02  
H03K 17/955

(21)Application number : 2002-119176

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 22.04.2002

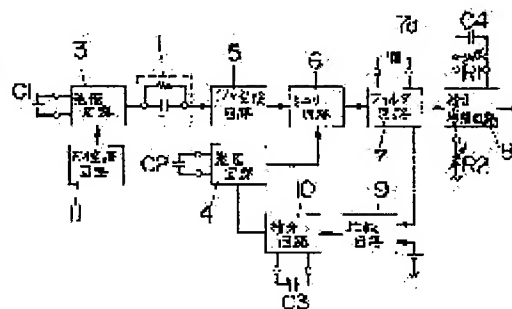
(72)Inventor : MORI HIDEO  
TAKADA YUJI

## (54) MOISTURE SENSOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a moisture sensor capable of being reduced in size and cost and having an excellent noise resistance.

**SOLUTION:** A sensor section 1 has a pair of detection electrodes insulated from each other, and an output from an oscillation circuit 4 is applied to cause a current corresponding to an impedance across the electrodes to flow between the electrodes. An I/V conversion circuit 5 converts the current flowing between the electrodes into a voltage value. A mixer circuit 6 mixes an output from the circuit 5 and an output from the circuit 4, and outputs a sum frequency and a differential frequency components of a frequency of the output from the circuit 5 and a frequency of the output from the circuit 4. A filter circuit 7 detects a signal of a specified reference frequency from the output from the circuit 6, and outputs it to an integral amplifier circuit 8. An FM modulation circuit 11 modulates oscillation frequency of an oscillation circuit 3 in such a manner that a differential frequency between the frequency of the output of the circuit 5 and the frequency of the output of the circuit 4 changes within a specified range of frequencies including the reference frequency.



- 1 センサ部
- 3 発振回路
- 4 変調回路
- 5 I/V変換回路
- 6 ミキサ回路
- 7 フィルタ回路
- 8 積分増幅回路
- 11 FM変調回路

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-315295

(P2003-315295A)

(43) 公開日 平成15年11月6日 (2003.11.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 0 1 N 27/02		G 0 1 N 27/02	C 2 G 0 6 0
H 0 3 K 17/955		H 0 3 K 17/955	U 5 J 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-119176(P2002-119176)

(22) 出願日 平成14年4月22日 (2002.4.22)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 森 秀夫

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 高田 裕司

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

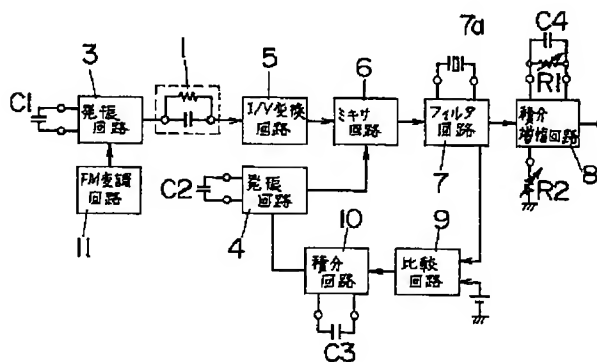
最終頁に続く

#### (54) 【発明の名称】 水分量センサ

#### (57) 【要約】

【課題】 小型化、低コスト化が可能で、耐ノイズ性の良好な水分量センサを提供する。

【解決手段】 センサ部1は、互いに絶縁された一对の検出電極を具備し、発振回路4の出力が印加されて、検出電極間のインピーダンスに応じた電流が検出電極間に流れる。I/V変換回路5は検出電極間に流れる電流を電圧値に変換し、ミキサ回路6はI/V変換回路5の出力と発振回路4の出力とを混合し、I/V変換回路5の出力の周波数と発振回路4の出力の周波数との和と差の周波数成分を出力する。フィルタ回路7は、ミキサ回路6の出力から所定の基準周波数の信号を検波し、積分増幅回路8に出力する。FM変調回路11は、I/V変換回路5の出力の周波数と発振回路4の出力の周波数との差の周波数が基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化するように、発振回路3の発振周波数を変調する。



- 1 センサ部
- 3 発振回路
- 4 発振回路
- 5 I/V変換回路
- 6 ミキサ回路
- 7 フィルタ回路
- 8 積分増幅回路
- 11 FM変調回路

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて前記検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、前記センサ部に発振出力を印加する第 1 の発振回路部と、前記第 1 の発振回路部と異なる周波数で発振する第 2 の発振回路部と、前記センサ部の出力と前記第 2 の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、前記混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、前記検波回路部の出力から前記検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、

前記第 1 の発振回路部の発振周波数と略等しい前記センサ部からの出力の周波数と、前記第 2 の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が、前記基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化するように、前記第 1 又は第 2 の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調させる周波数変調部を設けたことを特徴とする水分量センサ。

【請求項 2】互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて前記検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、前記センサ部に発振出力を印加する第 1 の発振回路部と、前記第 1 の発振回路部と異なる周波数で発振する第 2 の発振回路部と、前記センサ部の出力と前記第 2 の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、前記混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、前記検波回路部の出力から前記検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、

前記第 1 の発振回路部の発振周波数と略等しい前記センサ部からの出力の周波数と、前記第 2 の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が前記基準周波数となるように、第 1 又は第 2 の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変化させる周波数可変部を設けたことを特徴とする水分量センサ。

【請求項 3】前記周波数可変部は、前記中間周波数に基づいて発振周波数を変化させることを特徴とする請求項 2 記載の水分量センサ。

【請求項 4】前記周波数可変部は、他方の発振回路部の発振周波数に基づいて、一方の発振周波数を変化させることを特徴とする請求項 2 記載の水分量センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、検知対象物に含まれる水分量を検出する水分量センサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】この種の水分量センサとしては、生ごみ処理装置の処理槽内に投入された生ごみに含まれる水分量を検知するためのものが従来より提供されている。図 9 は検知対象物と水分量センサとの位置関係を示し、生ごみなどの検知対象物 2 が投入される金属製の処理槽

20 に窓孔 21 を貫設して、窓孔 21 から樹脂成型品の電極ケース 16 を露出させており、この電極ケース 16 の裏面側に互いに絶縁された一対の検出電極 2、2 を配設してある。この水分量センサは静電容量式のセンサであり、水が分極する物質（誘電体）である性質を利用し、検出電極 2、2 間に存在する検知対象物 22 に含まれる水分量を、検出電極 2、2 間のインピーダンス変化から検知している。

【0003】図 8 に従来の水分量センサのブロック図を示す。この水分量センサは、互いに絶縁された一対の検出電極 2、2 を具備し、水分量に応じて検出電極 2、2 の間のインピーダンスが変化するセンサ部 1 と、水晶振動子 X1 を用いて所定の周波数  $f_1$  で発振し、発振出力をセンサ部 1 に供給する発振回路 3 と、水晶振動子 X2 を用いて所定の周波数  $f_2$  ( $\neq f_1$ ) で発振する発振回路 4 と、センサ部 1 の両検出電極 2、2 間に流れる電流を電圧値に変換する I/V 変換回路 5 と、I/V 変換回路 5 の出力と発振回路 4 の出力とを混合し、両者の周波数  $f_1$ 、 $f_2$  の和と差の周波数 ( $f_1 \pm f_2$ ) の信号を出力するミキサ回路 6 と、ミキサ回路 6 の出力から I/V 変換回路 5 の出力の周波数  $f_1$  と発振回路 4 の出力の周波数  $f_2$  との差 ( $f_1 - f_2$ ) の周波数成分の信号を検波するフィルタ回路 7 と、フィルタ回路 7 の出力を積分した後、増幅することで、検出電極 2、2 間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する積分増幅回路 8 とから構成される。尚、図中の C4、R1、R2 は積分増幅回路 8 の積分時定数および増幅率を調整するための外付けのコンデンサおよび抵抗である。

【0004】この水分量センサでは、発振回路 4 の発振出力がセンサ部 1 に印加されており、水分量に応じて検出電極 2、2 間のインピーダンスが変化すると、検出電極 2、2 間のインピーダンスに応じた電流が検出電極 2、2 間に流れるので、発振回路 3 の発振周波数  $f_1$  においてインピーダンス変化による電流値の変化を I/V 変換回路 5 で電圧変化に変換し、水分量を電圧値として取り出している。

【0005】なお、静電容量式の水分量センサでは検出電極 2、2 間のインピーダンスが様々な変動要因により変動するため、発振回路 3 の発振周波数  $f_1$  を、検出電極 2、2 間のインピーダンスを安定に精度良く検出できるように数十 MHz 帯の周波数に設定してある。そのため、後段の回路で信号処理をしやすくするために、センサ部 1 の出力を発振回路 4 の発振出力と混合し、さらにフィルタ回路 7 で検波することで、積分増幅回路 8 への入力周波数を下げている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記構成の水分量センサでは、耐ノイズ性を向上させるために、ミキサ回路 6 の次段に設けたフィルタ回路 7 の通過周波数帯域を狭帯域とする必要があり、ミキサ回路 6 にセラミックフィル

タ 7 a などの高価な部品を使用しなければならず、コストアップの要因となっていた。

【0007】また、フィルタ回路 7 の通過周波数帯域が狭帯域であるから、2 つの発振回路 3、4 の発振周波数の差を安定して高精度に制御する必要があり、そのため水晶振動子 X 1、X 2 などの高価な部品を使用しなければならず、コストアップを招いていた。

【0008】さらに、水分量センサの回路を IC 化する際に水晶振動子 X 1、X 2 やセラミックフィルタ 7 a などの部品は外付け部品として残るため、IC 化による小型化、低コスト化といった利点が十分に得られないという問題もあった。

【0009】本発明は上記問題点に鑑みて為されたものであり、その目的とするところは、小型化、低コスト化が可能で、耐ノイズ性の良好な水分量センサを提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項 1 の発明では、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第 1 の発振回路部と、第 1 の発振回路部と異なる周波数で発振する第 2 の発振回路部と、センサ部の出力と第 2 の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第 1 の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第 2 の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が、基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化するように、第 1 又は第 2 の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調させる周波数変調部を設けたことを特徴とする。

【0011】請求項 2 の発明では、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第 1 の発振回路部と、第 1 の発振回路部と異なる周波数で発振する第 2 の発振回路部と、センサ部の出力と第 2 の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第 1 の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第 2 の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が基準周波数となるように、第 1 又は第 2 の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変化させる周波数可変部を設けたことを特徴とする。

【0012】請求項 3 の発明では、請求項 2 の発明において、周波数可変部は、中間周波数に基づいて発振周波

数を変化させることを特徴とする。

【0013】請求項 4 の発明では、請求項 2 の発明において、周波数可変部は、他方の発振回路部の発振周波数に基づいて、一方の発振周波数を変化させることを特徴とする。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】（実施形態 1）図 1 は本実施形態の水分量センサのブロック図である。尚、基本的な構成は従来技術で説明した図 8 に示す水分量センサと同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0015】この水分量センサは、互いに絶縁された一対の検出電極 2、2 を具備し、水分量に応じて検出電極 2、2 間のインピーダンスが変化するセンサ部 1 と、コンデンサ C 1 で発振周波数  $f_1$  が決定され、その発振出力をセンサ部 1 に供給する第 1 の発振回路部としての発振回路 3 と、発振回路 3 の発振周波数を所定の周波数範囲で変調させる周波数変調部としての FM 変調回路 11 と、入力電圧に応じた周波数で発振する VCO のような第 2 の発振回路部としての発振回路 4 と、センサ部 1 を介して流れる電流を電圧値に変換する I/V 変換回路 5 と、I/V 変換回路 5 の出力と発振回路 4 の出力とを混合して、両者の周波数  $f_1$ 、 $f_2$  の和と差の周波数 ( $f_1 \pm f_2$ ) の信号を出力する混合回路部としてのミキサ回路 6 と、ミキサ回路 6 の出力から I/V 変換回路 5 の出力の周波数  $f_1$  と発振回路 4 の出力の周波数  $f_2$  との差 ( $f_1 - f_2$ ) の周波数成分の信号を検波するための検波回路部たるフィルタ回路 7 と、フィルタ回路 7 の出力を積分した後、増幅することで、検出電極 2、2 間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する出力回路部としての積分増幅回路 8 と、フィルタ回路 7 を介して入力されたミキサ回路 6 の出力を所定の基準電圧と比較する比較回路 9 と、比較回路 9 の出力を積分して得た電圧を発振回路 4 に出力する積分回路 10 とで構成される。尚、図中の C 2、C 3 はそれぞれ発振回路 4 の発振周波数を調整するためのコンデンサ、積分回路 10 の積分時定数を調整するためのコンデンサである。また、センサ部 1 の構成は従来技術で説明した図 9 の構成と同様であるので、その説明は省略する。

【0016】ここで、発振回路 3、4 の発振周波数をそれぞれ  $f_1$ 、 $f_2$  に設定し、バンドパスフィルタからなるフィルタ回路 7 の通過周波数帯域の中心周波数を、両発振回路 3、4 の発振周波数設定値の差である基準周波数  $\Delta f$  ( $= f_1 - f_2$ ) に設定している場合に、部品のばらつきや周囲環境の変化によって、一方または両方の発振回路 3、4 の発振周波数が設定値  $f_1$ 、 $f_2$  から変化すると、2 つの発振回路 3、4 の発振周波数の差である中間周波数が、フィルタ回路 7 の通過周波数帯域の中心周波数（基準周波数  $\Delta f$ ）とずれてしまう。ここに、フィルタ回路 7 は外付けのセラミックフィルタ 7 a を用

いた高精度のもので、その通過帯域は狭帯域であるから、ミキサ回路 6 の出力の周波数が中心周波数（基準周波数  $\Delta f$ ）からずれると、フィルタ回路 7 の出力が非常に小さくなって、水分量に応じた値が得られなくなり、誤った値を出力してしまうという問題がある。

【0017】それに対して、本実施形態では FM 変調回路 11 によって、両発振回路 3、4 の発振周波数の差が上記基準周波数  $\Delta f$  を含む一定の周波数範囲で変化するよう、発振回路 3 の発振周波数を変調させており、部品のばらつきや周囲環境の変化によって発振回路 3、4 の発振周波数が変動したとしても、変動後の発振回路 3 の発振周波数  $f_1'$  を変調させることで、ミキサ回路 6 からフィルタ回路 7 の中心周波数（基準周波数  $\Delta f$ ）の信号も出力されることになり、積分増幅回路 8 がフィルタ回路 7 の出力を平滑し、さらに増幅することで、水分量に応じた値を得ることができる。

【0018】例えば、発振回路 3 の発振周波数が  $f_1$  から  $f_1'$ （ $= f_1 + d f_1$ ）に変動し、発振回路 4 の発振周波数が  $f_2$  から  $f_2'$ （ $= f_2 + d f_2$ ）に変動した場合、変動後のミキサ回路 6 の出力の周波数は  $f_1' \pm f_2' = (f_1 + d f_1) \pm (f_2 + d f_2)$  となり、フィルタ回路 7 の中心周波数  $\Delta f$ （ $f_1 - f_2$ ）から（ $d f_1 - d f_2$ ）だけずれることになるが、発振回路 3 の発振周波数を（ $\pm f_m$ ）の範囲で変調させているので、ミキサ回路 6 の出力の周波数も（ $\pm f_m$ ）の範囲で変化することになる。したがって、周波数の変調幅  $f_m$  を使用条件に合わせて適宜の値に設定することで、 $(f_1' - f_2') - f_m < \Delta f < (f_1' - f_2') + f_m$  とすることができ、ミキサ回路 6 からフィルタ回路 7 の中心周波数  $\Delta f$  の信号を出力させることができる。

【0019】このように、本実施形態では発振回路 3 の発振周波数を変調させることで、ミキサ回路 6 の出力の周波数をフィルタ回路 7 の中心周波数に一致させて、水分量に対応する値を得ており、従来の水分量センサに比べて、新たに FM 変調回路 11 が必要になるが、発振回路 3、4 の発振周波数を高精度に制御する必要が無いため、高精度で高価な水晶振動子 X1、X2 が不要になり、その結果発振回路 3、4 を安価に構成できる。また、本回路を IC 化する際には調整用のコンデンサ C1 ~ C3 をなくして、外付けの部品を無くすこともでき、従来の水分量センサに比べてより小型化、低コスト化のメリットが得られる。

【0020】また本実施形態の水分量センサでは、発振回路 4、ミキサ回路 6、比較回路 9 及び積分回路 10 からなる回路で、発振回路 3 の発振周波数が変動した場合でも、発振回路 3、4 の発振周波数の差が予め定めた基準周波数  $f_0$  になるように、発振回路 4 の発振周波数を制御している。図 2 は比較回路 9 の入力周波数に対する出力電圧の関係を、図 3 は発振回路 4 の入力電圧に対す

る出力周波数の関係をそれぞれ示しており、比較回路 9 では入力信号（フィルタ回路 7 の出力）の周波数が高くなるにつれて、その出力電圧が大きくなる。また、発振回路 4 では入力電圧が大きくなるにつれて、その発振周波数が高くなっている。

【0021】例えば、発振回路 3 の発振周波数が予め設定された周波数  $f_1$  から  $f_1'$ （ $= f_1 - d f_1$ ）に低下した場合、ミキサ回路 6 の出力の周波数は  $f_1' \pm f_2 = (f_1 - d f_1) \pm f_2$  となる。ここで、比較回路 9 ではフィルタ回路 7 を介して入力されたミキサ回路 6 の出力と基準電圧とを比較しており、発振回路 3 の発振周波数が  $f_1$  から  $f_1'$  に低下して、ミキサ回路 6 の出力の周波数が（ $f_1 - f_2$ ）から（ $f_1' - f_2$ ）に低下すると、比較回路 9 の出力が  $V_0$  から  $V_0'$  に低下する。そして、比較回路 9 の出力の変化に応じて、積分回路 10 の出力が  $V_1$  から  $V_1'$  に低下し、それに応じて、発振回路 4 の発振周波数が  $f_2$  から  $f_2'$  に低下する（図 4 参照）。このように、発振回路 3 の発振周波数が低下すると、それに応じて発振回路 4 の発振周波数も低下するので、発振回路 3、4 の発振周波数の差が略同じ値になるように、発振回路 4 の発振周波数を追従させることができる。また、上述とは逆に発振回路 3 の発振周波数が設定値  $f_1$  よりも高くなった場合、発振回路 3、4 の発振周波数の差が大きくなるため、比較回路 9 および積分回路 10 の出力がそれぞれ増加し、それに応じて発振回路 4 の発振周波数が高くなるため、発振回路 3、4 の発振周波数の差が略同じ値になるように、発振回路 3 の発振周波数を追従させることができる。

【0022】（実施形態 2）図 5 に本実施形態の水分量センサのブロック図を示す。尚、基本的な構成は実施形態 1 と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0023】この水分量センサは、互いに絶縁された一対の検出電極 2、2 を具備し、水分量に応じて検出電極 2、2 間のインピーダンスが変化するセンサ部 1 と、コンデンサ C1 で発振周波数  $f_1$  が決定され、その発振出力をセンサ部 1 に供給する第 1 の発振回路部としての発振回路 3 と、入力電圧に応じた周波数で発振する VCO のような第 2 の発振回路部としての発振回路 4 と、センサ部 1 を介して流れる電流を電圧値に変換する I/V 変換回路 5 と、I/V 変換回路 5 の出力と発振回路 4 の出力とを混合して、両者の周波数  $f_1$ 、 $f_2$  の和と差の周波数（ $f_1 \pm f_2$ ）の信号を出力する混合回路部としてのミキサ回路 6 と、ミキサ回路 6 の出力から I/V 変換回路 5 の出力の周波数  $f_1$  と発振回路 4 の出力の周波数  $f_2$  との差（ $f_1 - f_2$ ）の周波数成分の信号を検波して出力する検波回路部としてのローパスフィルタ（以下、LPF と略す）12 と、LPF 12 の出力を積分した後、増幅することで、検出電極 2、2 間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する出力回路部とし

ての積分増幅回路 8 と、ミキサ回路 6 の出力を LPF 12 内の F/V 変換部 12a で変換して得た出力と所定の基準電圧との高低を比較する比較回路 9 と、比較回路 9 の出力を積分して得た電圧を発振回路 4 に出力する積分回路 10 とで構成される。尚、図中の C2, C3, C5 はそれぞれ発振回路 4 の発振周波数を調整するためのコンデンサ、積分回路 10 の積分時定数を調整するためのコンデンサ、LPF 12 の遮断周波数を設定するためのコンデンサである。また、センサ部 1 の構成は従来技術で説明した図 9 の構成と同様であるので、その説明は省略する。

【0024】図 6 は比較回路 9 の入力電圧に対する出力電圧の関係を、図 3 は発振回路 4 の入力電圧に対する出力周波数の関係をそれぞれ示しており、比較回路 9 では F/V 変換部 12a からの入力電圧が増加するにつれて、その出力電圧が高くなり、また発振回路 4 では入力電圧（積分回路 10 の出力）が高くなるにつれて、その発振周波数が高くなっている。尚、図 6 中の  $V_a$  は中間周波数が  $(f_1 - f_2)$  の時の F/V 変換部 12a の出力を示している。

【0025】ここで、部品のばらつきや周囲環境の変化によって、発振回路 3 の発振周波数が高くなるか又は発振回路 4 の発振周波数が低くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が基準周波数  $\Delta f$  よりも大きくなると（すなわち比較回路 9 への入力電圧が増加すると）、積分回路 10 の出力電圧が増加し、それに応じて発振回路 4 の発振周波数が高くなるので、両者の発振周波数の差（中間周波数）を小さくできる。また、上述とは逆に発振回路 3 の発振周波数が低くなるか又は発振回路 4 の発振周波数が高くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が基準周波数  $\Delta f$  よりも大きくなると（すなわち比較回路 9 への入力電圧が低下すると）、積分回路 10 の出力電圧が低下し、それに応じて発振回路 4 の発振周波数が低くなるので、両者の発振周波数の差（中間周波数）を大きくできる。ここに、比較回路 9 と、積分回路 10 と、F/V 変換部 12a とで発振回路 4 の発振周波数を変化させる周波数可変部が構成される。

【0026】このように、本実施形態では、ミキサ回路 6 の出力の周波数に基づいて、発振回路 3, 4 の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数  $\Delta f$  に一致するように、発振回路 4 の発振周波数を変化させることで、ミキサ回路 6 の出力の周波数を LPF 12 の遮断周波数よりも低くして、水分量に対応する値を得ており、従来の水分量センサに比べて、発振回路 3, 4 の発振周波数を高精度に制御する必要が無いから、高精度で高価な水晶振動子 X1, X2 が不要になり、その結果発振回路 3, 4 を安価に構成できる。

【0027】また、実施形態 1 ではバンドパスフィルタからなるフィルタ回路 7 を用いているため、中心周波数

を高精度に設定する必要があり、その結果セラミックフィルタのような高価な部品を必要としているが、本実施形態では LPF 12 を用いているので、遮断周波数の設定をそれほど高精度に設定する必要がなく、したがってセラミックフィルタのような高価な部品が不要になり、低コスト化を図ることができる。また更に、本回路を IC 化するには調整用のコンデンサ C1~C5 をなくして、外付けの部品を無くすこともでき、従来の水分量センサに比べてより小型化、低コスト化のメリットが得られる。

【0028】尚、本実施形態では、ミキサ回路 6 の出力の周波数に基づいて、発振回路 3, 4 の周波数の差が所定の基準周波数  $\Delta f$  に一致するように、発振回路 4 の発振周波数を変化させているが、発振回路 4 の発振周波数を変化させる代わりに、ミキサ回路 6 の出力の周波数に基づいて、発振回路 3 の発振周波数を変化させるようにしても良く、上述と同様の効果を得ることができる。

【0029】（実施形態 3）図 7 に本実施形態の水分量センサのブロック図を示す。尚、基本的な構成は実施形態 2 と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して、その説明は省略する。

【0030】この水分量センサは、互いに絶縁された一対の検出電極 2, 2 を具備し、水分量に応じて検出電極 2, 2 間のインピーダンスが変化するセンサ部 1 と、コンデンサ C1 で発振周波数  $f_1$  が決定され、その発振出力をセンサ部 1 に供給する第 1 の発振回路部としての発振回路 3 と、入力電圧に応じた周波数で発振する VCO のような第 2 の発振回路部としての発振回路 4 と、センサ部 1 を介して流れる電流を電圧値に変換する I/V 変換回路 5 と、I/V 変換回路 5 の出力と発振回路 4 の出力とを混合して、両者の周波数  $f_1, f_2$  の和と差の周波数  $(f_1 \pm f_2)$  の信号を出力する混合回路部としてのミキサ回路 6 と、ミキサ回路 6 の出力から I/V 変換回路 5 の出力の周波数  $f_1$  と発振回路 4 の出力の周波数  $f_2$  との差  $(f_1 - f_2)$  の周波数成分の信号を検波して出力する検波回路部としてのローパスフィルタ（以下、LPF と略す）13 と、LPF 13 の出力を積分した後、増幅することで、検出電極 2, 2 間のインピーダンス値に応じた電圧値の出力を発生する出力回路部としての積分増幅回路 8 と、発振回路 3 の出力と発振回路 4 の出力とを混合して、両者の周波数  $f_1, f_2$  の和と差の周波数  $(f_1 \pm f_2)$  の信号を出力するミキサ回路 14 と、ミキサ回路 14 の出力の周波数を電圧値に変換する F/V 変換回路 15 と、F/V 変換回路 15 の出力と基準電圧との高低を比較する比較回路 9 と、比較回路 9 の出力を積分して得た電圧を発振回路 4 に出力する積分回路 10 とで構成される。尚、図中の C2, C3, C5 はそれぞれ発振回路 4 の発振周波数を調整するためのコンデンサ、積分回路 10 の積分時定数を調整するためのコンデンサ、LPF 13 の遮断周波数を設定するための

コンデンサである。また、センサ部 1 の構成は従来技術で説明した図 9 の構成と同様であるので、その説明は省略する。

【0031】実施形態 2 で説明したように、図 6 は比較回路 9 の入力電圧に対する出力電圧の関係を、図 3 は発振回路 4 の入力電圧に対する出力周波数の関係をそれぞれ示しており、比較回路 9 では  $F/V$  変換回路 15 から 10 の入力電圧が増加するにつれて、その出力電圧が高くなり、また発振回路 4 では入力電圧（積分回路 10 の出力）が高くなるにつれて、その発振周波数が高くなって 10 いる。

【0032】ここで、部品のばらつきや周囲環境の変化によって、発振回路 3 の発振周波数が高くなるか又は発振回路 4 の発振周波数が低くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数  $\Delta f$  よりも大きくなると（すなわちミキサ回路 14 の出力の周波数が高くなると）、 $F/V$  変換回路 15 の出力（比較回路 9 の入力）が増加して、比較回路 9 の出力が増加し、それに応じて積分回路 10 の出力が増加し、発振回路 4 の発振周波数が高くなるので、両者の発振周波数の差を 20 小さくできる。また、上述とは逆に発振回路 3 の発振周波数が低くなるか又は発振回路 4 の発振周波数が高くなるかして、両者の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数  $\Delta f$  よりも小さくなると（すなわちミキサ回路 14 の出力の周波数が低くなると）、 $F/V$  変換回路 15 の出力（比較回路 9 の入力）が小さくなって、比較回路 9 の出力が低下し、それに応じて積分回路 10 の出力が低下し、発振回路 4 の発振周波数が低くなるので、両者の発振周波数の差を大きくできる。

【0033】このように、本実施形態では、発振回路 3 30 の発振周波数に基づいて、発振回路 3、4 の発振周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数  $\Delta f$  となるように、発振回路 4 の発振周波数を変化させることで、ミキサ回路 6 の出力の周波数を LPF 13 の遮断周波数よりも低くして、水分量に対応する値を得ており、従来の水分量センサに比べて、発振回路 3、4 の発振周波数を高精度に制御する必要が無いから、高精度で高価な水晶振動子 X1、X2 が不要になり、その結果発振回路 3、4 を安価に構成できる。また実施形態 2 では、LPF 12 の出力に基づいて中間周波数が所定の基準周波数  $\Delta f$  40 となるように発振回路 4 の発振周波数がある周波数からずらして、発振回路 3 の発振周波数に追従させており、LPF 12 の出力は検出する水分量に応じて変化するため、その出力が大きい時と小さい時とは追従前の周波数が同じ場合でも追従後の周波数に誤差がでる虞があるのに対して、本実施形態では発振回路 3 の発振周波数に基づいて発振周波数 4 の発振周波数を変化させており、発振回路 3 の出力の大きさは検出する水分量に関係なく一定であるから、発振周波数を追従させる際の誤差を少なくできる。

【0034】また、実施形態 1 ではバンドパスフィルタからなるフィルタ回路 7 を用いているため、中心周波数を高精度に設定する必要があり、その結果セラミックフィルタのような高価な部品を必要としているが、本実施形態では LPF 13 を用いているので、遮断周波数の設定をそれほど高精度に設定する必要がなく、したがってセラミックフィルタのような高価な部品が不要になり、低コスト化を図ることができる。また更に、本回路を IC 化する際には調整用のコンデンサ C1～C5 をなくして、外付けの部品を無くすこともでき、従来の水分量センサに比べてより小型化、低コスト化のメリットが得られる。

【0035】尚、本実施形態では、2 つの発振回路 3、4 の内、一方の発振回路 3 の発振周波数に基づいて、発振回路 3、4 の周波数の差である中間周波数が所定の基準周波数  $\Delta f$  となるように、他方の発振回路 4 の発振周波数を変化させているが、他方の発振回路 4 の発振周波数に基づいて、中間周波数が所定の基準周波数  $\Delta f$  となるように、一方の発振回路 3 の発振周波数を変化させるようにしても良く、上述と同様の効果を得ることができる。

#### 【0036】

【発明の効果】上述のように、請求項 1 の発明は、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第 1 の発振回路部と、第 1 の発振回路部と異なる周波数で発振する第 2 の発振回路部と、センサ部の出力と第 2 の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第 1 の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第 2 の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が、基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化するように、第 1 又は第 2 の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調させる周波数変調部を設けたことを特徴とし、周波数変調部が、第 1 又は第 2 の発振回路部の何れか一方の発振周波数を変調させることで、第 1 の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第 2 の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数を、基準周波数を含む一定の周波数範囲で変化させているので、部品のばらつきや周囲環境の変化によって発振回路部の発振周波数が増加したとしても、混合回路部から基準周波数に等しい周波数成分の信号を出力させることができ、検波回路部により水分量に対応した値を検波できるから、耐ノイズ性が向上するという効果がある。そのうえ、第 1 及び第 2 の発振回路部の発振周波数を高精度に設定する必要がないから、従来の水分量センサのように、高精度で高価な水晶振動子を使用する必要がなく、



第1及び第2の発振回路部を安価に構成でき、また水分量センサをIC化する際に水晶振動子のような外付けの部品があると、小型化のメリットが十分得られないが、水晶振動子のような外付けの部品を無くすことで、一層の小型化が図れるという効果もある。

【0037】請求項2の発明は、互いに絶縁された複数の検出電極を具備し水分量に応じて検出電極間のインピーダンスが変化するセンサ部と、センサ部に発振出力を印加する第1の発振回路部と、第1の発振回路部と異なる周波数で発振する第2の発振回路部と、センサ部の出力と第2の発振回路部の出力とを混合する混合回路部と、混合回路部の出力から予め定めた基準周波数の周波数成分を検波する検波回路部と、検波回路部の出力から検出電極間のインピーダンスに応じた出力を発生する出力回路部とを備え、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数が基準周波数となるように、第1又は第2の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変化させる周波数可変部を設けたことを特徴とし、周波数可変部が、第1又は第2の発振回路部の内、何れか一方の発振周波数を変調させることで、第1の発振回路部の発振周波数と略等しいセンサ部からの出力の周波数と、第2の発振回路部の発振周波数との差の中間周波数を基準周波数に一致させているので、部品のばらつきや周囲環境の変化によって発振回路部の発振周波数が変化したとしても、混合回路部の出力の周波数を基準周波数に一致させることができ、検波回路部により水分量に対応した値を検波できるから、耐ノイズ性が向上するという効果がある。そのうえ、第1及び第2の発振回路部の発振周波数を高精度に設定する必要がないから、従来の水分量センサのように、高精度で高価な水晶振動子を使用する必要がなく、第1及び第2の発振回路部を安価に構成でき、また水分量センサをIC化する際に水晶振動子のような外付けの部品があると、小型化のメリットが十分得られないが、水晶振動子のような外付けの部品を無くすことで、一層の小型化が図れるという効果もある。

【0038】請求項3の発明は、請求項2の発明において、周波数可変部は、中間周波数に基づいて発振周波数

を変化させることを特徴とし、請求項2の発明と同様の効果を奏する。

【0039】請求項4の発明は、請求項2の発明において、周波数可変部は、他方の発振回路部の発振周波数に基づいて、一方の発振周波数を変化させることを特徴とし、中間周波数に基づいて発振周波数を変化させる場合、中間周波数の信号は検出する水分量に応じて大きさが変化するため、信号が大きい時と小さい時とで誤差が発生しやすいが、発振回路部の出力は検出する水分量に関係なく一定であるので、発生する誤差を小さくできるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1の水分量センサのブロック図である。

【図2】同上に用いる比較回路の入出力特性の説明図である。

【図3】同上に用いる第2の発振回路の入出力特性の説明図である。

【図4】同上に用いる比較回路および第2の発振回路の動作を説明する説明図である。

【図5】実施形態2の水分量センサのブロック図である。

【図6】同上に用いる比較回路の入出力特性の説明図である。

【図7】実施形態3の水分量センサのブロック図である。

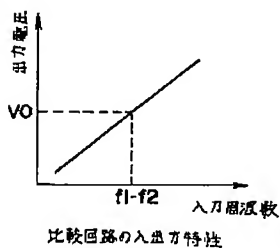
【図8】従来の水分量センサのブロック図である。

【図9】同上の水分量センサと検知対象物との位置関係を説明する説明図である。

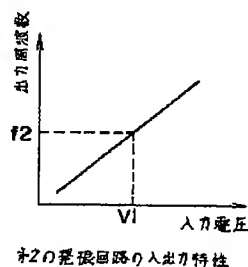
【符号の説明】

- 1 センサ部
- 3 発振回路
- 4 発振回路
- 5 I/V変換回路
- 6 ミキサ回路
- 7 フィルタ回路
- 8 積分増幅回路
- 11 FM変調回路

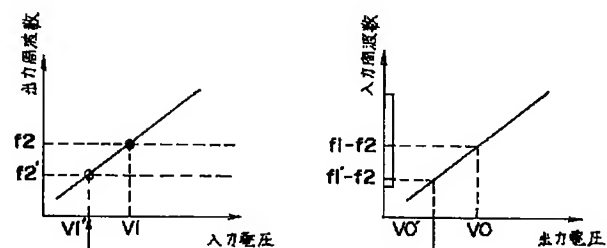
【図2】



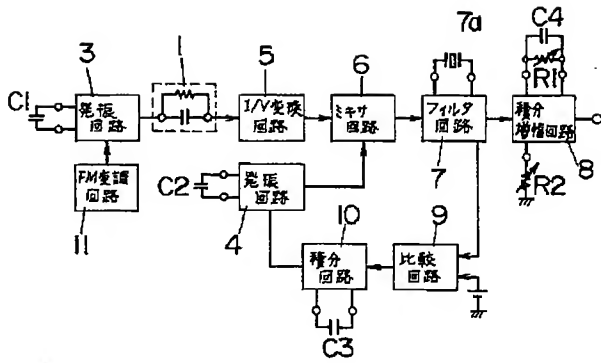
【図3】



【図4】

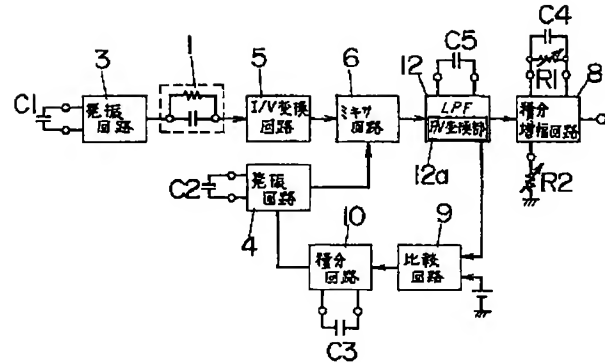


【図1】

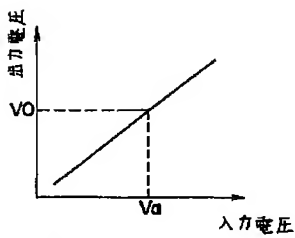


- 1 センサ部
- 3 発振回路
- 4 発振回路
- 5 I/V変換回路
- 6 ミキサ回路
- 7 フィルタ回路
- 8 積分増幅回路
- 11 FM変調回路

【図5】

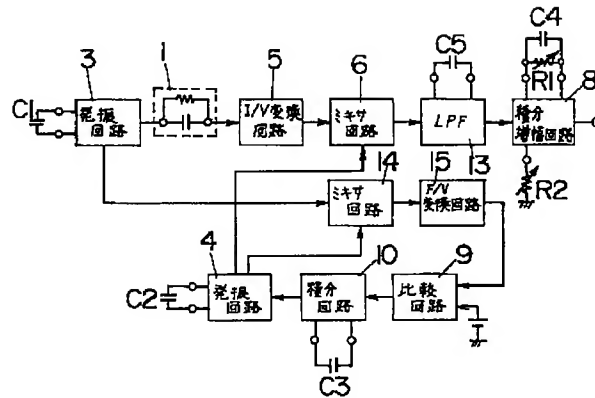


【図6】

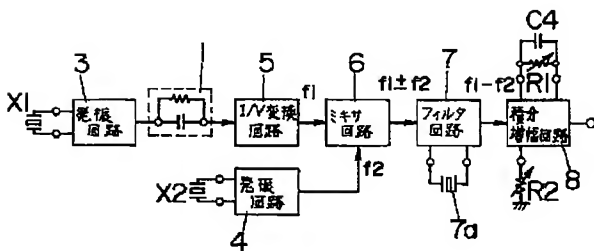


比較回路の入出力特性

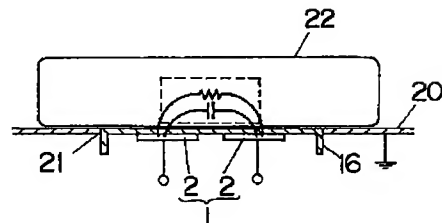
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G060 AC01 AE16 AF06 HA02 HC07  
HC10 HC12  
5J050 AA49 AA50 BB22 EE34 EE35  
EE40 FF29